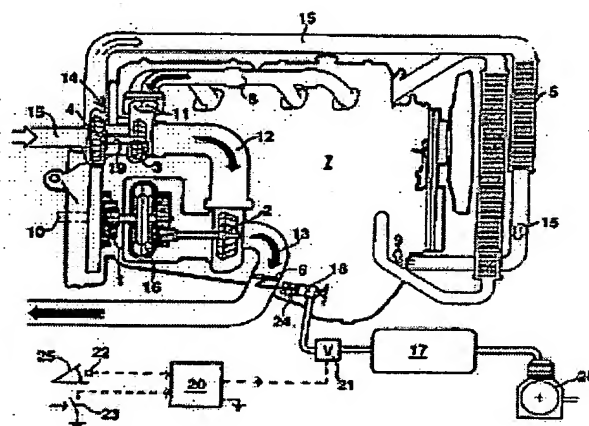


**Cpd turbo IC engine with exhaust gas energy recovery****Patent number:** DE19516971**Publication date:** 1995-11-16**Inventor:** LANGE PER (SE); FRANSSON HAAKAN (SE);  
WIDLUND RUNE (SE); ISAKSSON KJELL (SE); ORRE  
SIGVARD (SE)**Applicant:** SCANIA CV AB (SE)**Classification:****- international:** F02B37/00; F02B41/10; F02D9/06; F02B37/00;  
F02B41/00; F02D9/00; (IPC1-7): F02B41/10; F02C6/12**- european:** F02B41/10; F02D9/06**Application number:** DE19951016971 19950509**Priority number(s):** SE19940001651 19940513**Also published as:**US5884482 (A1)  
JP8042364 (A)  
BR9501987 (A)  
SE9401651 (L)  
SE502721 (C2)**Report a data error here****Abstract of DE19516971**

The gas expelled from the exhaust manifold (8) is utilised in a turbocharger (14) driving an intake air compressor (4), and a second-stage turbine (2) connected by a fluid clutch (16) to mechanical gearing (1) on the crankshaft (10). For additional engine braking a flap (6) in the exhaust pipe (13) beyond the second turbine is adjustable by a servo cylinder (18) pressurised when a control valve (21) is opened by a controller (20) in response to a brake-pedal switch (22) or special engine-braking actuator (23).



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Verbrennungsmotor in Turbocompoundausführung von der im Oberbegriff zu Anspruch 1 angegebenen Art.

## Stand der Technik

Eine Verbesserung der Bremsleistung von Viertakt-Verbrennungsmotoren kann durch Anordnung einer Abgasbremsklappe im Auslaß des Abgassammelrohres erreicht werden. Bei Schließen dieser Abgasbremsklappe pumpt der Motor während des Auspuffhubes Abgase gegen die geschlossene Klappe, wodurch sich die Bremsleistung des Motors erhöht. Unter anderem im Sinne eines schnelleren Ansprechens der Bremsleistungserzeugung wird angestrebt, eine Abgasbremsklappe in möglichst kurzer Entfernung von den Auslaßventilen des Zylinders und vorzugsweise direkt hinter der Zusammenführung der zylinderweisen Auslaßkanäle zu einer gemeinsamen Abgasleitung anzuordnen. In der Absicht, Störimpulse auf der Abgasseite des Motors zu vermindern, kann in gewissen Fällen die Klappe auch direkt der Turbine eines Abgasturboladers nachgeschaltet werden, wenn zwei oder mehr getrennte Abgassammelrohre die Abgase einer Turbine mit zwei oder mehr eingebauten Diffusoren zuleiten.

Im Zusammenhang mit Turbocompoundmotoren gibt es bereits mehrere Patente für Lösungen zur Erhöhung der Bremsleistung des Turbocompoundmotors. EP,B,272680 und US,A,4748812 z. B. beschreiben Lösungen mit einer sog. Jake-Bremse. Eine derartige Bremse bewirkt einen Motorbremsvorgang durch kurzzeitiges Öffnen des Auslaßventils am Ende des Verdichtungshubes. Bei den vorgenannten bekannten Lösungen wird eine besondere, zwischen der Turbine des Abgasturboladers und der Kraftturbine angeordnete Abgasklappe benutzt, wobei der Abgasstrom von der Turboladerturbine versperrt und gleichzeitig ein gedrosselter Kanal freigegeben wird, so daß die Kraftturbine im Umlauf gegen eine Drosselung pumpt, während gleichzeitig die Kraftübertragung der Kraftturbine umgesteuert wird. Diese Lösung ist technisch kompliziert, unter anderem durch ein umsteuerbares Getriebe mit mehreren Übersetzungen.

US,A,5119633 behandelt eine Alternative für Motoren mit sog. Jake-Bremse, bei der eine einfache Art von Umgehung der Kraftturbine zugeschaltet wird, sobald der Motorbremsvorgang aktiviert wird. Auf diese Weise soll eine erhöhte Bremsleistung dadurch erhalten werden, daß die von der Kraftturbine zusätzlich auf die Kurbelwelle wirkende Antriebskraft im großen ganzen entfällt, indem der Abgasstrom durch die Kraftturbine ausfällt.

## Zweck der Erfindung

Der Zweck der Erfindung besteht darin, eine erheblich verstärkte Motorbremswirkung, insbesondere bei hohen Motordrehzahlen, bei einem Verbrennungsmotor in Turbocompoundausführung und insbesondere bei einem zum Antriebsaggregat von Schwerlastwagen und Omnibussen gehörenden Motor zu erhalten.

Ein anderer Zweck der Erfindung besteht darin, eine höhere Bremsleistung ohne übermäßigen Anstieg der Abgastemperatur oder übermäßigen Abfall des Abgasgedrucks zu erhalten.

Noch ein Zweck der Erfindung besteht darin, eine

hohe Motorbremsleistung bei einem Turbocompoundmotor durch ein einfaches und kostengünstiges System zu erhalten, das weder besondere umsteuerbare mechanische Getriebe mit mehreren Übersetzungen noch komplizierte Ladedruckventil-Vorrichtungen erfordert.

Diese Zwecke erfüllt die Erfindung durch die im kennzeichnenden Teil von Anspruch 1 angegebenen Merkmale.

Weitere, die Erfindung kennzeichnende Merkmale gehen aus den abhängigen Ansprüchen sowie aus nachstehender Beschreibung eines Ausführungsbeispiels hervor. Die Beschreibung nimmt Bezug auf die folgenden Figuren.

## Verzeichnis der Figuren

Fig. 1 zeigt schematisch einen Verbrennungsmotor in Turbocompoundausführung mit einer der Kraftturbine nachgeschalteten erfindungsgemäßen Abgasbremse.

## Beschreibung eines Ausführungsbeispiels

In Fig. 1 ist ein Verbrennungsmotor 7 in Turbocompoundausführung, vorzugsweise zum Antriebsaggregat von Schwerlastwagen und Omnibussen gehörend schematisch dargestellt. Der Motor ist vorzugsweise als Direkteinspritz-Dieselmotor ausgeführt, bei dem ein Abgasturbolader, mit von den Motorabgasen angetriebenem Turbinenteil 3 und auf der Laderwelle 19 angeordnetem Verdichterteil 4, für die Verdichtung und Zufuhr von Verbrennungsluft benutzt wird. Die Einlaßluft, in der Figur mit weißen Pfeilen gekennzeichnet, strömt auf herkömmliche Weise durch Einlaßleitungen über nicht dargestellte Luftfilter zum Verdichterteil 4 und danach weiter zum Ladeluftkühler 5, bevor die hierdurch verdichtete und gekühlte Luft dem nicht abgebildeten Einlaßrohr 9 zugeleitet wird. Die Abgase vom Motor, in der Figur mit schwarzen Pfeilen gekennzeichnet, gelangen zuerst in das Abgassammelrohr 8 und strömen von dort weiter durch eine erste Abgasleitung 11, hier als eine am Turbinenteil 3 geteilte Eintrittsschnecke ausgeführt, zum Turbinenteil 3 zum Antreiben Verdichterteils 4. Die vom Turbinenteil 3 ausströmenden Abgase strömen durch eine zweite Abgasleitung 12 zur Kraftturbine 2 und von dort auf herkömmliche Weise weiter durch eine dritte Abgasleitung 13 zu nicht dargestellten Schalldämpfer- und etwaigen Abgasreinigungsausrüstungen. Die Kraftturbine 2 hat beim Turbocompoundmotor die Aufgabe, die in den Abgasen nach Verlassen des Abgasturboladers noch vorhandene Restenergie auszunutzen. Bei Antrieb durch die Abgase erreicht die Kraftturbine sehr hohe Drehzahlen, bis zu 60 000/min bei normaler Drehzahl des Motors, die bei einem Dieselmotor in einem Schwerlastwagen im Bereich 1400–2000/min liegt. Das von der Kraftturbine erzeugte Drehmoment wird, über ein vorzugsweise mit einer Flüssigkeitskupplung 16 ausgerüstetes Zahnradgetriebe 1 zur Herabsetzung der Drehzahl, auf die Kurbelwelle 10 übertragen. Durch die auf diese Weise erzielte bessere Ausnutzung der in den Abgasen enthaltenen Energie, nämlich teils zum Verdichten der Verbrennungsluft und teils zur Erzeugung eines positiven Zuschusses zum Antriebsmoment an der Kurbelwelle läßt sich der Gesamtwirkungsgrad des Antriebsaggregats verbessern. Sowohl beim einfachen Turboladernmotor als auch beim Turbocompoundmotor sinkt die Abgastemperatur von einem normalen Wert von rund 650°C im Abgassammelrohr 8 nach dem Durchströmen des Turbinenteils 3 im Abgasturbolader

um rund 100° C, aber beim Turbocompoundmotor ist sie nach Durchströmen der Kraftturbine 2 um weitere 100—110° C niedriger. Dies und der erhebliche Druckabfall über die beiden Turbinen lassen erkennen, daß von der Kraftturbine eine beachtliche Energiemenge aufgenommen und an die Kurbelwelle des Verbrennungsmotors weitergeleitet wird.

Kennzeichnend für die Erfindung ist eine variable Drosselung, vorzugsweise eine Abgasbremsklappe 6, die der Kraftturbine 2 nachgeschaltet und in der am Auslaß der Kraftturbine angeschlossenen dritten Abgasleitung 13 angeordnet ist. Diese Anordnung ergibt einen relativ großen Gesamtabgasraum zwischen dem Motor und der Abgasbremsklappe, was im Hinblick auf die Ansprechzeit zum Erhalt der vollen Motorbremsleistung einen gewissen Nachteil darstellt. Bei normalen Drehzahlen wird dieser Abgasraum jedoch schnell und ohne merkbar verzögerte Entwicklung der Bremsleistung gefüllt.

Die Abgasbremsklappe 6 ist so ausgeführt, daß sie in der in Fig. 1 gezeigten Stellung völlig schließt, wobei sie von einer Servoeinrichtung mit vorgegebener Schließkraft betätigt wird. Als Servoeinrichtung kann ein druckgesteuerter Regelzylinder 18 dienen, der bei Öffnen eines an einen Druckspeicher 17 angeschlossenen Regelventils 21 mit Druck beaufschlagt werden kann. Der Druckspeicher 17 kann auf bekannte Weise bei schweren Nutzfahrzeugen in das Druckluftsystem des Fahrzeugs integriert sein, das u. a. für die Radbremsen und andere Druckluftausrüstung vorhanden ist und einen Luftpressor 26 umfaßt, der für die Druckversorgung des Systems und somit auch des Druckspeichers 17 sorgt. Das Öffnen des Ventils 21, mit dem ein Schließen der Abgasbremsklappe 6 entgegen der von einer im Regelzylinder angeordneten Rückstellfeder 24 ausgeübten Kraft verbunden ist, regelt ein Steuergerät 20 in Abhängigkeit von einem vom Fahrzeugfahrer angeforderten Einschalten der Motorbremse. Dieses Einschalten kann automatisch nach vom Fahrer durchgeführter Betätigung eines Bremspedals 25, mit Erkennung durch einen Bremspedalschalter 22, oder einer besonders für diesen Zweck vorhandenen Motorbrems-Betätigungsverrichtung 23 erfolgen.

Durch diese Drucksteuerung einer dicht schließenden Klappe wird der Abgasraum zwischen Motor und Abgasbremsklappe schnell gefüllt und unter Druck gesetzt, wodurch ein schnelles Ansprechen und eine gute Motorbremsleistung bereits bei niedrigen Motordrehzahlen und geringem Luftdurchsatz beim Motor erzielt wird.

In anderen bekannten Fällen wird die Abgasbremsklappe häufig mit einem vorgegebenen Leckspalt zur Begrenzung der Abgasdrücke, die auftreten können, ausgeführt. Die Nachteile derartiger Lösungen bestehen darin, daß ein langsames Ansprechen und eine schlechtere Motorbremsleistung bei niedrigen Motordrehzahlen erhalten werden. Ein Leckspalt gestattet auch die Anwendung weicherer Ventildfedern bei den Auslaßventilen des Motors ohne die Gefahr so hoher Abgasdrücke im Abgassammelrohr, daß diese ein Öffnen der Auslaßventile bewirken, wodurch Gefahr bestehen würde, daß diese bei völlig fehlerhaften Hubstellungen des Motors öffnen.

Bei der erfindungsgemäßen Lösung ist eine dicht schließende Abgasbremsklappe mit vorgegebener Schließkraft jedoch aus folgendem Grund vorteilhaft. Beim Übergang auf Motorbremsung mit geschlossener Abgasbremsklappe wird die Kraftturbine Abgase gegen

diese Abgasbremsklappe pumpen, wodurch ein der Schließkraft entsprechender Abgasdruck in Strömungsrichtung gesehen hinter der Kraftturbine erhalten wird. Für diesen Zweck benutzt man vorzugsweise eine Abgasbremsklappe mit einer relativ zur Abgasleitung 13 exzentrischen Drehachse, wobei der größere Teil der Klappe stromabwärts gerichtet ist und sich somit während der Schließbewegung entgegen dem Abgasstrom bewegt. Eine auf diese Weise exzentrisch gelagerte Abgasbremsklappe öffnet, wenn der Abgasdruck zu hoch ansteigt.

Beim Übergang auf Motorbremsung wird der bei normalem Betriebszustand von der Kraftturbine zum Motor gerichtete Kraftfluß umgekehrt, so daß er statt dessen vom Motor zur Kraftturbine erfolgt. Dies führt mit sich, daß die im Zahnradgetriebe 1 der Kraftturbine angeordnete Flüssigkeitskupplung 16 bei der Motorbremsung einen negativen Schlupf anstelle eines positiven Schlupfes entwickelt. Dieser Schlupf liegt normalerweise bei 3—5%. Der Schlupf in Prozent ist definiert als  $100 - (n_{\text{pump}} - n_{\text{turbo}}) / (n_{\text{pump}})$ . Hierin bezeichnet  $n_{\text{pump}}$  die Drehzahl der an der Turbine angeschlossenen Hälfte der Flüssigkeitskupplung und  $n_{\text{turbo}}$  die Drehzahl der an der Motor-Kurbelwelle angeschlossenen Hälfte der Flüssigkeitskupplung.

Bei einem praktischen Vergleich von zwei identischen sechszylindrigen 11-Ltr-Dieselmotoren, der eine — hier Turbomotor genannt — mit nur einem Abgasturbolader und hinter dessen Auslaß angeordneter Abgasbremse, der andere — hier Compoundmotor genannt — mit Abgasturbolader, diesem nachgeschalteter Kraftturbine und dieser nachgeschalteter Abgasbremse, wird beim Compoundmotor bei maximal zulässiger Abgastemperatur eine erheblich höhere Motorbremsleistung erhalten als beim Turbomotor. Bei eingeschalteter Motorbremse und voller Motordrehzahl von ca. 2300/min kann der Compoundmotor ohne Überschreiten der zulässigen Abgastemperatur eine Bremsleistung entfalten, die um annähernd 27% über der Bremsleistung liegt die vom Turbomotor unter vergleichbaren Bedingungen in bezug auf Abgastemperatur und Typ von Abgasbremse erreicht wurde.

Die Versuche ergaben für jede Erhöhung der Abgastemperatur um 1° C einen Bremsleistungszuschuß von 0,60 kW beim Compoundmotor und ca. 0,45 kW beim Turbomotor.

Die Versuche ergaben weiter für jede Erhöhung des Abgasdruckes vor der Abgasbremsklappe um 1 bar einen Bremsleistungszuschuß von 43,5 kW beim Compoundmotor und von ca. 34,6 kW beim Turbomotor.

Diese Ergebnisse können mit der Erhöhung des Bremsmoments verglichen werden, die nach USA, 5119633 angeblich für eine "umgangene" Kraftturbine bei einem mit Jake-Bremse geregelten Motor im Verhältnis zu einem reinen Turbomotor gilt. Für diesen komplizierteren Motor, mit besonderer Vorrichtung zur Beeinflussung der Auslaßventile in der Endphase des VerdichtungsHubes und vorbeileitenden Vorrichtungen an der Kraftturbine wird eine Erhöhung des Bremsmoments um über 25% geltend gemacht.

Bei der erfindungsgemäßen einfachen Anordnung mit einer Abgasbremsklappe, die der vorzugsweise aber nicht notwendigerweise ohne Umgehungskanäle ausgeführten Kraftturbine nachgeschaltet ist, wird mit wesentlich einfacheren Mitteln zumindest die gleiche relative Verbesserung der Motorbremsleistung erhalten.

Die durch die der Kraftturbine nachgeschaltete Abgasbremsdrosselung bei einer vorgegebenen, begrenz-

zenden zulässigen Abgastemperatur erhaltene starke Erhöhung der Bremsleistung erklärt sich dadurch, daß die Arbeitsweise der Kraftturbine insofern umgekehrt wird, als sie, statt antreibend auf den Motor zu wirken, vom Motor angetrieben wird, wodurch sich mehrere Wirkungen einstellen. Zuerst entsteht ein Bremsmoment bei der Kurbelwelle, wenn diese dazu übergeht, die Kraftturbine anzutreiben, wodurch die Kraftturbine ähnlich wie ein Kompressor arbeitet und die Abgase gegen die geschlossene Abgasbremsklappe pumpt. Die Kraftturbine hält bei Zusammenwirken mit der dichten, pneumatisch gesteuerten Abgasbremsklappe einen erhöhten Abgasdruck aufrecht, der dem Regeldruck entspricht, welcher die Abgasbremsklappe geschlossen hält. Da die Kraftturbine in der Hauptsache zum Antrieb durch die Abgase mit höchstem Wirkungsgrad ausgelegt ist, wird sich bei der umgekehrten Funktion als Pumpe beim Abgasbremsvorgang ein niedriger Wirkungsgrad einstellen. Dies ist an einem Auftreten starker Turbulenzen erkennbar, das zu einem Anstieg der Temperaturbelastung der Kraftturbine führt. Die von der Kraftturbine erhaltene Pumpwirkung trägt jedoch dazu bei, daß die Massenströmung durch den Grundmotor bei einer vorgegebenen Bremsleistung zunimmt, wodurch sich die Temperaturbelastung des Grundmotors und damit auch der Kühlbedarf des Motors reduzieren.

Bei einer vorgegebenen Gesamtbremsleistung bewirkt die erfindungsgemäße Anordnung der Abgasbremse, daß bei eingeschalteter Abgasbremse die Temperaturbelastung des Grundmotors bei einer gewissen Anhebung der Temperaturbelastung der Kraftturbine sinkt und gleichzeitig die Massenströmung durch den Motor zunimmt. Die höhere Massenströmung erklärt sich zum Teil durch die von der Kraftturbine erhaltene Pumpwirkung. Daraus ergibt sich, daß die Gesamtbremsleistung z. B. durch Erhöhen des Regeldruckes für die Abgasbremse erhöht werden kann, damit die Temperatur der am Motor ausströmenden Abgase das gleiche Niveau erreicht wie bei einem konventionellen aufgeladenen Motor mit dem Abgasturbolader nachgeschalteter Abgasbremse.

Die Gesamtbremsleistung setzt sich aus zwei Komponenten zusammen, der vom Grundmotor erzeugten Bremsleistung und der von der Kraftturbine auf die Kurbelwelle aufgetragenen Bremsleistung. Bei Zusammenlegen dieser beiden Komponenten wird, bei einer vorgegebenen Temperatur der am Motor ausströmenden Abgase, eine wesentlich höhere Bremsleistung erhalten als die Gesamtbremsleistung eines konventionell aufgeladenen Motors mit dem Abgasturbolader nachgeschalteter Abgasbremse, bei dem eine Bremsleistung nur vom Grundmotor erhalten wird.

Bei einer alternativen, nicht gezeigten Lösung kann die dicht schließende Klappe durch eine Servoeinrichtung geschlossen gehalten werden, die nicht durch den Abgasdruck zum Öffnen der Klappe betätigt werden kann, und statt dessen wird die Abgasklappe durch eine Temperaturregelung in Abhängigkeit von der im Abgassammelrohr des Verbrennungsmotors detektierten Abgastemperatur geregelt. Diese Lösung erfordert jedoch bei Anwendung einer konventionellen Abgasbremsklappe einen sehr schnell ansprechenden Temperaturfühler.

Wesentlich ist, daß die Temperatur im Abgassammelrohr des Motors nicht überschritten wird, da diese Temperatur Einfluß auf die Einspritzventile und Dichtungen des Motors hat.

# Bezugszeichenliste

- 1 Zahnradgetriebe
- 2 Kraftturbine
- 3 Turbinenteil
- 4 Verdichterteil
- 5 Ladeluftkühler
- 6 Abgasbremsklappe
- 7 Verbrennungsmotor
- 8 Abgassammelrohr
- 9 Einlaßsammelrohr
- 10 Kurbelwelle
- 11 1. Abgasleitung
- 12 2. Abgasleitung
- 13 3. Abgasleitung
- 14 Abgasturbolader
- 15 Einlaßleitungen
- 16 Flüssigkeitskupplung
- 17 Druckspeicher
- 18 Regelzylinder
- 19 Laderwelle
- 20 Steuergerät
- 21 Regelventil
- 22 Bremspedalschalter
- 23 Motorbrems-Betätigungsvorrichtung
- 24 Rückstellfeder
- 25 Bremspedal
- 26 Luftpresser

## Patentansprüche

1. Verbrennungsmotor (7) in Turbocompoundausführung, versehen mit einem Abgassammelrohr (8) zur Entgegennahme der Abgase vom Verbrennungsmotor und Weiterleitung derselben über eine erste Abgasleitung (11) an einen Abgasturbolader mit einem Turbinenteil (3), der einen Verdichterteil (4) zur Verdichtung der dem Motor zuzuführenden Verbrennungsluft antreibt, sowie einer Kraftturbine (2), die dem Abgasturbolader nachgeschaltet und in einer am Auslaß des Turbinenteils angeschlossenen zweiten Abgasleitung (12) angeordnet ist und über ein Zahnradgetriebe (1) aus den Abgasen gewonnene Energie auf die Kurbelwelle (10) des Motors überträgt, dadurch gekennzeichnet, daß eine vorzugsweise als Abgasklappe ausgeführte Abgasbremsdrosselung (6) in einer dritten, am Auslaß der Kraftturbine angeschlossenen Abgasleitung (13) angeordnet ist.

2. Verbrennungsmotor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Zahnradgetriebe (1) der Kraftturbine mechanisch arbeitet und eine zum Ausgleich von Unterschieden zwischen den Drehzahlen von Kraftturbine (2) und Kurbelwelle (10) dienende Flüssigkeitskupplung (16) umfaßt.

3. Verbrennungsmotor gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß beim Abgasturbolader der Turbinenteil (3) und der von diesem angetriebene Verdichterteil (4) auf ein und derselben Welle (19) angeordnet sind.

4. Verbrennungsmotor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgasbremsdrosselung (6) in ihrer Schließstellung im wesentlichen dicht schließend und ohne vorgegebene Leckspalte ausgeführt ist.

5. Verbrennungsmotor gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgasbremsdrosselung (6) von einer Servoeinrichtung (18) mit vorgegebenem

Kraftniveau in geschlossener Stellung gehalten wird und öffnen kann, wenn der Abgasdruck ein diesem Kraftniveau entsprechendes Niveau übersteigt.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

